

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23656196

研究課題名（和文）

磁性流体を利用した柔軟いエネルギーデバイスの開発

研究課題名（英文）

Flexible Energy Devices Using Magnetic Fluid

研究代表者

岩田 聡 (IWATA SATOSHI)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：60151742

研究成果の概要（和文）：

磁性流体を利用した柔軟いエネルギーデバイスとして、磁性流体を鉄心として利用したトランスと外部からの力を電気エネルギーに変換するデバイスを作成し、その特性を評価した。エネルギーハーベスティング素子については、内径15mmφのゴムチューブ（長さ120mm）に磁性流体を充填し、両端をピンチコックで止めたものを、約2300ターンのコイル上に配置したデバイスを作成した。希土類磁石で磁界を加えながら、ゴムチューブを指で押したところ、コイルに10mV前後の電圧が誘起され、磁性流体を用いて外力を電気エネルギーに変換する素子実現の可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：

Possibility of development of flexible energy devices, such as a transformer using magnetic fluid as a core and a device for transforming mechanical force to electric energy, has been investigated in this research project. We have prepared energy harvesting devices which is constructed of a rubber tube with 15mm in diameter and 120mm in length filled by magnetic fluid and an electric coil with 2300 turns, where the rubber tube is put on the coil. Pushing force on the rubber tube produced an electric voltage of about 10 mV at the terminal of the coil under a magnetic field by NdFeB magnet.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：ナノマグネティックス

科研費の分科・細目：電気電子工学 ・ 電力工学・電力変換・電気機器

 キーワード：磁性流体，柔軟い電力デバイス，電磁誘導，磁性微粒子，発電素子，
エネルギーハーベスティング

1. 研究開始当初の背景

環境からエネルギーを収集しようとするエネルギーハーベスティング技術に注目が集まっている。しかし、圧電素子を利用したエネルギーデバイスでは、電圧の発生は容易であるものの、大きな電流を取り出すことができないため、利用できるエネルギーは限定的である。また、ペースメーカーなど人

体内部の電子機器へのエネルギー供給を考えたとき、人体に馴染む柔軟いデバイスが望ましいことは明らかである。近年、曲げることができるディスプレイの開発が盛んであるが、トランスのようなエネルギー機器については、柔軟いデバイスの開発例はない。

2. 研究の目的

本研究では、磁性流体を利用した柔らかいエネルギーデバイスの開発に取り組んだ。人体の内部に埋め込んで筋肉などの運動を電気エネルギーに変換するデバイスは、ペースメーカーなど体内に埋め込んだ電子機器へエネルギーを供給することができ、定期的な電池交換が不要となる。また、腕に嵌めて腕の運動を利用したり、靴の踵部に埋め込んで歩きに伴って発電するデバイスは、体温、血圧、血糖値など健康情報を収集するデバイスなどへのエネルギーを供給することができる。これらのエネルギーハーベスティングデバイスでは、人体に馴染む柔らかいデバイスが求められる。環境からエネルギーを収集する方法としては、圧電素子や熱電効果の利用なども考えられるが、本研究では磁性流体を利用した電磁誘導によるデバイスの検討を行った。磁性流体は、液体状の磁性材料と見なすことができる。柔らかいゴムチューブなどに磁性流体を満たし、ゴムチューブを変形させると磁束の空間分布に変化が起きる。この磁束変化は近接したコイルに誘導起電力を生じさせる。本研究では、磁性流体を利用したエネルギーデバイスの開発するための基礎的検討を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

まず、市販の磁性流体が磁性材料としてどのような磁気特性を有しているかを調べた。内径 10mmφ のガラス管を直径 80mmφ のトラス状に加工して、内部を磁性流体で満たすとともに、約 2300 ターンの 2 つのコイルをトラス状のガラス管に嵌め込んで、1 次巻線、2 次巻線をもつトランス構造を作成した (図 1)。この 1 次巻線に 60Hz の交流電流を流したときに 2 次コイルに発生する電圧や負荷抵抗を接続したときの電流を計測し、磁性流体の透磁率などを評価した。

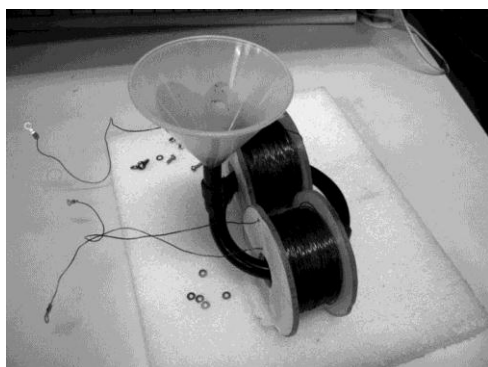


図 1. 柔らかいトランスの試作

次いで、内径 15mmφ、長さ約 120mm のゴムチューブを磁性流体で満たし、両端をピンチコックで封じたものを用意した。実験としては 2 種類の可能性を試した。1 つは、外部から磁界を加えることで、ゴムチューブを変形させ、柔らかいアクチュエータとしての応用を検討した。もう 1 つは、NdFeB 磁石で外部から静磁界を加えて、磁性流体を磁化させた状態で、ゴムチューブを手で押して変形させ、近接したコイル (約 2300 ターン) に誘導起電力を発生させるデバイ

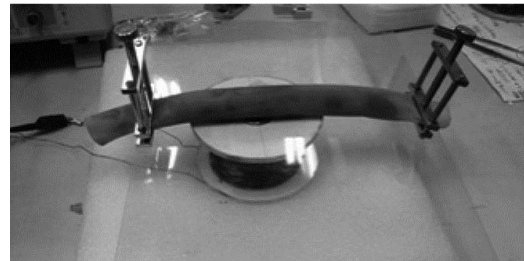


図 2. コイルの上に置かれたゴムチューブに磁性流体が満たされている。

ス実現の可能性を調べた (図 2)。

4. 研究成果

ガラス管に磁性流体を満たしたトランスの 1 次側に 0~30V、60Hz の電圧を印加したときの 2 次電圧、及び 2 次コイルに負荷抵抗を繋いだときの消費電力を測定した。図 3 は、1 次側に 10V (実効値) を加えたときの 2 次電圧の波形を示している。1 次/2 次の巻数比は、1:1 であるが、出力は、250mV であり、結合係数が低く、磁束の漏れ量が多いことが分かる。図 4 は、負荷として 2 次側に 100Ω を繋いだときの電力を示しているが、出力は、数 mW に止まっており、電流として数 mA しか流れていないことが分かる。結合定数が低い理由は、磁性流体の透磁率が低いためと考え、1 次コイルのインダクタンスをインピーダンスメータで測定し、比透磁率を求めたところ、13 であった。したがって、柔らかいトランスを実現するためには、磁性流体の磁性粒子を高透磁率の金属材料を用いるなどの改良が必要である。

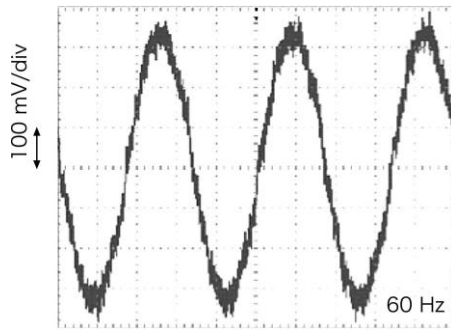


図 3. トランス 2 次コイルの電圧波形

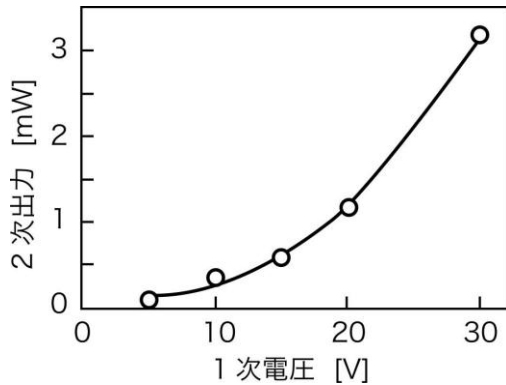


図 4. トランスの出力特性

ゴムチューブを磁性流体で満たして、コイルで磁界を加えたときのゴムチューブの変形を観察しようとしたが、ゴムチューブの肉厚が厚すぎたため、形状の変化を観察できなかった。より薄いゴム製の容器を用いる必要がある、この点は、今後の課題である。次に、磁性流体で満たしたゴムチューブに磁石で磁界を加え、ゴムチューブを指で押しつぶして、磁性流体をチューブ内で移動させたときにチューブを通したコイルに発生する電圧波形をシンクロスコープで観察した。磁石としては図 2 において、コイルの中心に直径 16mm φ、長さ 20mm の NdFeB を設置した。また、磁石の直上、すなわちコイル中心軸上の部分のゴムチューブをゴムチューブがつぶれるまで押しつぶした。図 5 は、実時間の電圧波形を、

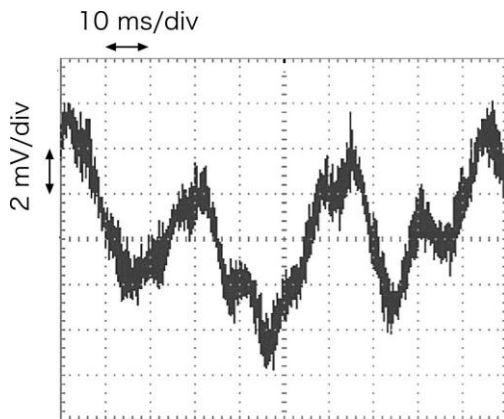


図 5. ゴムチューブを指で押しつぶすことでコイルに発生した電圧波形

図 6 は、そのスペクトル成分を示している。2300 ターンのコイルには、数 mV の電圧が発生し、10~30Hz の周波数成分を多く含んでいることが分かる。この電圧を整流してキャパシタに電荷を蓄えることで、エネルギー素子として利用することができるので、磁性流体を用いてエネルギーハーベスティングデバイスを構成可能であることを示すことができた。ただ、発生する電圧としては、十分とは言えず、今後、より大きな磁束変化が得られる磁性流体の開発、磁性流体の容器の形状、コイルの配置などいくつかの検討課題が残されている。

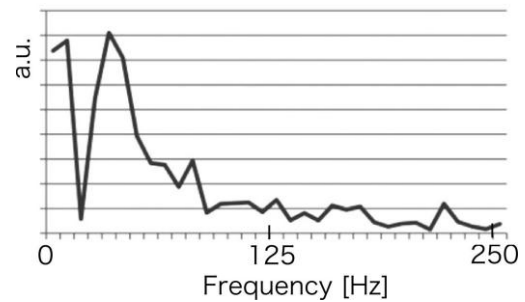


図 6. コイルに発生した電圧の周波数スペクトル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- (1) Q. Xu, R. Kanbara, T. Kato, S. Iwata, and S. Tsunashima: Bit patterned structure fabricated by Kr⁺ ion irradiation onto MnBiCu films, IEEE Trans. Magn., 査読有, vol. 48, no. 11, pp. 3406-3409 (2012).
- (2) Q. Xu, R. Kanbara, T. Kato, S. Iwata, and S. Tsunashima: Control of Magnetic Properties of MnBiCu Thin Films by Kr⁺ Ion Irradiation, J. Appl. Phys., 査読有, vol. 111, 07B906-1-3 (2012).
- (3) D. Oshima, E. Suharyadi, T. Kato, S. Iwata: Observation of bit boundary in ion irradiation planer patterned CrPt3 using dark-field transmission electron microscope, J. Magn. Magn. Mat., 査読有, vol. 324, pp. 1617-1621 (2012).

[学会発表] (計 5 件)

- (1) 丸山晃司, 中野翔, 加藤剛志, 岩田聡, 網島滋: 垂直磁化膜を用いたHGMSによる常磁性微粒子の捕捉, 平成24年度電気関係学会東海支部連合大会, 豊橋技科大, 愛知, H2-7 (2012年9月24日).

- (2) T. Kato, Y. Matsumoto, S. Okamoto, N. Kikuchi, S. Iwata, O. Kitakami:
Magnetization dynamics in magnetic multilayers with perpendicular anisotropy (Invited), Collaborative Conference on Materials Research 2012, Seoul Palace Hotel, South Korea, (2012年6月26日).
- (3) Q. Xu, R. Kanbara, T. Kato, S. Iwata, and S. Tsunashima: Bit patterned structure fabricated by Kr⁺ ion irradiation onto MnBiCu films, IEEE International Magnetism Conference 2012, Vancouver Convention Center, Canada, CS-03 (2012年5月9日).
- (4) 瀬戸陽介, 池田遼太, 加藤剛志, 岩田聡:
MBE成長したFePd-Agグラニューパー膜の構造と垂直磁気異方性, 第35回日本磁気学会学術講演会, 朱鷺メッセ(新潟コンベンションセンター), 新潟, (2011年9月29日).
- (5) 李 ジン, 菊池伸明, 岡本聡, 北上修, 島津武仁, 青井基, 加藤剛志, 岩田聡: Co/Pt多層膜の強磁性共鳴と緩和定数評価, 第35回日本磁気学会学術講演会, 朱鷺メッセ(新潟コンベンションセンター), 新潟, (2011年9月29日).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/labs/iwatalab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩田 聡 (IWATA SATOSHI)
名古屋大学・工学研究科・教授
研究者番号: 60151742

(2) 研究分担者

加藤 剛志 (KATO TAKESHI)
名古屋大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 50303665

(3) 連携研究者

なし